

testavimo metodiką

Laura Gudelytė, Aleksandras Krylovas, Tadas Laukevičius

Mykolo Romerio universitetas

Ateities g. 20, LT-08303 Vilnius

E. paštas: l.gudelyte@mruni.eu, krylovas@mruni.eu, tadas@mruni.eu

Santrauka. Straipsnyje konstruojamas dichotominis testas, suskirstantis 12 Lietuvos universitetų į 12 grupių pagal 11 skirtingų kriterijų: studijų kryptį, įvairovę, studijų tarptautiškumas, akademinis personalas, studijų sąlygos, finansavimo struktūra, studentų nuomonė, mokslo ir meno veiklos intensyvumas, aukščiausi akademinio personalo ir alumnų veiklos įvertinimai, universitete įgytos specialybės paklausa darbo rinkoje, studentų skaičius, dėstytojų skaičius dirbančių visu etatu. Taip pat pateiktas suskirstymas į 4 grupes pagal 3 kriterijus (akademinis personalas, studijų sąlygos, darbo rinka), kurių įtaka galutiniam suskirstymui buvo didžiausia. Autoriai taiko savo sukurtą algoritmą, kuriuo atliekamas objektų suskirstymas į norimą kiekį grupių, reitinguojant įvairius socialinius objektus.

Raktiniai žodžiai: matematinis modeliavimas, indikatorių konstravimas, testavimas.

1 Įvadas

Visuomenėje yra susiformavęs poreikis surikiuoti šalyje veikiančius universitetus ir kitas auštąsias mokyklas pagal jų mokslinį pajėgumą ir ypač aktualią studijų kokybę. Dažniausiai šia linkme pasireiškia tik pavienės žiniasklaidos priemonių [1, 2, 9, 10] pastangos, neretai pagrįstos subjektyviu nusistatymu, kurį lemia ekspertų nuomonė. Šiame straipsnyje autoriai pristato reitingavimo modelį, pagrįstą dichotominio testo metodika. Šis modelis padeda surikiuoti aukštąsias mokyklas išvengiant subjektyvumo problemos. Pasaulinėje reitingavimo praktikoje paplitę statistiniai modeliai, pagrįsti dideliais kiekiais parametrų ir duomenų. Šiuo atveju dėl duomenų trūkumo apsiribojama tik viešai prieinama informacija, kuria remiantis taikant determinuotus metodus aukštosios mokyklos suskirstomos į tam tikras reitingų kategorijas.

Ankstesniuose autorių darbuose [3, 6, 5] buvo siekiama sukonstruoti indikatorių, kuris maksimizuotų turimą informacijos kiekį. Buvo išdėstyta dichotominio testavimo metodika bei pateiktas nekilnojamojo turto vertės pavyzdys [8]. Šiame darbe siūlomas indikatorių konstravimo algoritmas, kuriuo 12 Lietuvos universitetų suskirstoma, pagal skirtingus juos įtakojančius 11 veiksmų, į grupes.

2 Universitetų reitingavimo pavyzdys

Pirmoje lentelėje pateikti 12 Lietuvos universitetų reitingai, gauti pagal žurnalo „Veidas“ [10] 2011 m. metodiką.

1 lentelė. Universitetų seni ir nauji reitingai.

Universiteto pavadinimas	Žurnalo „Veidas“ reitingas	Naujas reitingas
VU	1	1
KTU	2	2
MRU	3	4
VDU	4	5
VGTU	5	5
ŠU	6	7
KU	7	7
LŽUU	8	8
VPU	9	8
LMTA	10	10
LDA	11	10
LKKA	12	11

Šie reitingai apskaičiuojami atsižvelgiant į 11 rodiklių, apibūdinančių universitetų kokybę: (β_1) – mokslo ir meno universitete veikla, kuri žurnale „Veidas“ ekspertų įvertinta nuo 0 iki 5; (β_2) – aukščiausi personalo ir absolventų veiklos įvertinimai: nacionalinės kultūros ir meno premijos, Lietuvos mokslo premijos, Nobelio premijos srityje (nuo 0 iki 5); (β_3) – akademinis personalas (dėstytojų iki 40 m. skaičius; mokslo/meno daktarų iki 40-ies metų skaičiaus santykis su visais dėstytojais; studentų, apsigynusių mokslo/meno daktaro disertacijas iki 2010 m. (nuo 0 iki 10)); (β_4) – universiteto tarptautiškumas (dėstytojų mainai pagal „Erasmus“; studijų programos dėstomas užsienio kalba; jungtinės užsienio programos su užsienio universitetais; studentų mainai; bendradarbiavimas su tarptautinėmis akademinėmis organizacijomis), kuri ekspertų įvertinta nuo 0 iki 15; (β_5) – studijų krypčių įvairovė (bakalauro ir magistro studijų programų skaičius bei gauti studijoms finansuoti krepšeliai; unikalios studijų programos; doktorantūros studijų programos), ekspertų įvertinta nuo 0 iki 15; (β_6) – studijų sąlygos universitete (gauta ES 2007–2013 m. paromos lėšų infrastruktūrai bei įrangai; investuotos savo lėšos į infrastruktūrą; išduoti leidiniai studentams į namus; bibliotekos darbuotojų skaičius; prieinamos el. preimonės dėstytojams ir studentams ir pan.) (nuo 0 iki 15); (β_7) – studentų nuomonė; (β_8) – universitete įgytos specialybės paklausa darbo rinkoje (bedarbių skaičius; sociologinė darbdavių apklausa: kurių universitetų absolventų žinių kokybė geriausia, kuri kelia abejonių; absolventų, užėmusių valstybės tarnybos įstaigų vadovų bei struktūrinių padalinių vadovų pareigas, skaičius; visų lygių vadovų išsilavinimas pagal aukštąją mokyklą) vertinama nuo 0 iki 20; (β_9) – finansavimo struktūra (visų rūšių pajamos; valstybės biudžeto lėšos, skirtos stipendijoms mokėti; finansavimas iš agentūrų, kitos pajamos), ekspertų įvertinta nuo 0 iki 5; (β_{10}) – studentų skaičius bei (β_{11}) – dirbančių visu etatu darbuotojų skaičius [10]. Šių rodiklių reikšmės pateiktos matricoje R_V . Kadangi universitetų kokybinės savybės matuojamos skirtingų dydžių skalėse, klasterių sudarymui universitetų kokybinių savybių vektoriaus $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{12})$ komponentių reikšmės normuojamos (dalijamos iš 100). Daugelyje stulpelių 1 nėra, nes nei vienas universitetas nebuvo surinkęs maksimalaus taškų skaičiaus. β_0 stulpelio, apibūdinančio bendrą rodiklių visumą koreliacija su: β_1 yra 0,371; β_2 yra 0,628; β_3 yra 0,952; β_4 yra 0,841; β_5 yra 0,861; β_6 yra 0,885; β_7 yra 0,482; β_8 yra 0,868; β_9 yra 0,770; β_{10} yra 0,864; β_{11} yra 0,811.

$$R_V = \begin{pmatrix} (\beta_0) & (\beta_1) & (\beta_2) & (\beta_3) & (\beta_4) & (\beta_5) & (\beta_{10}) & (\beta_{11}) \\ 0 & 0,76 & 1 & 0,67 & 0,51 & 0,52 & 1 & 0,94 \\ 1 & 0,38 & 0,2 & 0,54 & 0,75 & 0,61 & 0,61 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 11 & 0,58 & 0,3 & 0,12 & 0,09 & 0,12 & 0,09 & 0,19 \end{pmatrix}.$$

Trumpai aprašysime dichotominio testo sudarymo metodiką (žr. [3]). Iš kiekvieno požymio β_j sudarome testo klausimą. Jo sudarymui atrenkamos α_j reikšmės. Parametrų α_j , $j = 1, 2, \dots, 11$ reikšmės atrenkamos taip: paimkime visus stulpelius nuo β_1 iki β_{11} ir raskime α_j reikšmes, su kuriomis nesuderinamumo funkcija (įvertis) įgytų mažiausią reikšmę. α reikšmių parinkimui naudosime dalijimo pusiau metodą: imame intervalą nuo 0 iki 1, jį daliname pusiau. Gauname $\alpha = 0,5$. Visas likusių stulpelių reikšmes paliekame 0,5. Tuomet taikant algoritmą apskaičiuojamas neatitikimo įvertis pagal (5), imant visas reikšmes 0,5 gaunama 30. Tuomet daliname intervalą nuo 0 iki 0,5 pusiau, t.y. $\alpha = 0,25$, kitų stulpelių reikšmes paliekant tokias pat, t.y. 0,5. Atitinkamai daliname pusiau ir intervalą nuo $[0,5; 1]$, t.y. imame $\alpha = 0,75$. Kadangi imant $\alpha = 0,25$ gauname baudos funkciją 24, o imant $\alpha = 0,75$ baudos funkcija lygi 29, imame intervalą nuo 0 iki 0,5 ir skaičiuojame nesuderinamumo įvertį, kai $\alpha_1 = 0,125$ ir $\alpha_1 = 0,375$, nes tai atitinkamų intervalų nuo $[0; 0,25]$ ir $[0,25; 0,5]$ vidurio taškai. Taip randame funkcijos minimumą su atitinkama α_1 reikšme. Mūsų pavyzdžio atveju β_1 stulpelio reikšmė yra $\alpha = 0,125$. Tuomet renkama α_2 reikšmė stulpeliui β_2 , α_1 paliekant 0,125, kitų stulpelių ($\beta_2, \dots, \beta_{11}$) reikšmės 0,5. Analogiškai randama α_2 , kuri lygi 0,5. Su likusiais (4)–(12) stulpeliais atliekami analogiškai skaičiavimai. Visų parametrų α_j , $j = 1, 2, \dots, 11$ atitinkamos reikšmės gaunamos tokios: $\alpha_1 = 0,125$; $\alpha_2 = 0,5$; $\alpha_3 = 0,125$; $\alpha_4 = 0,25$; $\alpha_5 = 0,25$; $\alpha_6 = 0,25$; $\alpha_7 = 0,5$; $\alpha_8 = 0,625$; $\alpha_9 = 0,375$; $\alpha_{10} = 0,5$; $\alpha_{11} = 0,5$. Analogiškai α skaičiavimai gaunami ir imant stulpeliose skirtingus x_{ij} reikšmių vidurkius. Pasirinkdami atitinkamas parametrų $\alpha_1, \dots, \alpha_{11}$ reikšmes, iš matricos R_V gauname transformuotą matricą $K_{\alpha_1, \dots, \alpha_{11}}$.

$$K_{\alpha_1, \dots, \alpha_{11}} = \begin{pmatrix} k_1 & [x_1]_{\alpha_1} & [x_1]_{\alpha_2} & \dots & [x_1]_{\alpha_{11}} \\ k_2 & [x_2]_{\alpha_1} & [x_2]_{\alpha_2} & \dots & [x_2]_{\alpha_{11}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ k_{12} & [x_{12}]_{\alpha_1} & [x_{12}]_{\alpha_2} & \dots & [x_{12}]_{\alpha_{11}} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

čia

$$[x_j]_{\alpha_n} = \begin{cases} 1, & x_j < \alpha_n, \\ 0, & x_j \geq \alpha_n, \end{cases} \quad j = 1, \dots, 11. \quad (2)$$

Gauname naują matricą $K_{0,125;0,5;0,125;0,25;0,25;0,25;0,5;0,625;0,375;0,5;0,5}$. β_0 stulpelyje turime suskirstymą pagal visų rodiklių sumą (žurnale pateiktą reitingą [10]), antrame β_1 reikšmes, trečiame $\beta_2, \dots, \beta_{11}$ iki 12 stulpelio. Tuomet iš matricos R_V ,

pasinaudoję (2) formule, gauname matricą $K_{0,125;0,5;\dots;0,5;0,5\cdot}$.

$$\begin{pmatrix} (\beta_0) & (\beta_1) & (\beta_2) & (\beta_3) & (\beta_4) & (\beta_5) & (\beta_6) & (\beta_7) & (\beta_8) & (\beta_9) & (\beta_{10}) & (\beta_{11}) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 11 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Konstruojame testą T : kiekvienai matricos R_V eilutei (t. y. universitetui) apskaičiuojama sumuojant stiplesius nuo $(\beta_1, \dots, \beta_{11})$: $T_j = \sum k_{ij}(x_1, \dots, x_{11})$, kur k_{ij} – nesuderinamumo indeksas.

Taigi bendruoju atveju gauta tokia naujojo suskirstymo matricą:

$$K_{\alpha_1, \dots, \alpha_n}^T = \begin{pmatrix} k_1 & k_2 & \dots & k_n \\ \tilde{k}_1 & \tilde{k}_2 & \dots & \tilde{k}_n \end{pmatrix}, \quad (4)$$

kurioje k yra senasis suskirstymas pagal bendrą rodiklių sumą [10], \tilde{k} – naujasis suskirstymas pagal 11 kintamųjų $\alpha_1, \dots, \alpha_{11}$. Tai „Veido“ žurnalo ir naują mūsų suskirstymą galime matyti ir iš 1 lentelės.

Paskutinis žingsnis – išmatuoti gauto suskirstymo nesuderinamumo įvertį:

$$S(I(A), K) = \sum_{j=1}^m j \cdot |D_j|. \quad (5)$$

Dydis $|D_0|$ parodo, kiek yra universitetų, patenkančių į tas pačias grupes, $|D_1|$ – kiek patenka į gretimas grupes, $|D_2|$ – kiek į dar toliau viena nuo kitos esančias grupes ir t. t. Tuomet naudodamiesi [7] darbe pasiūlytu kriterijumi gauname tokį klasterizacijos neatitikimo laipsnį: $S(I(A), K) = 1 \cdot 6 = 6$.

Tai matyti ir iš 1 lentelės, kurioje 3, 4, 6, 9, 11, 12 arba tiksliau MRU, VDU, ŠU, VPU, LDA, LKKA universitetų eilutės nesutampa ir skiriasi vienu dydžiu (t. y. patenka į gretimą suskirstymą).

Panagrinėkime atvejį, kai universitetai nereitinguojami nuo geriausio iki blogiausio, bet suskirstomi į 4 grupes: geriausi, geri, vidutiniški ir blogiausi. Šį kartą paimekime tik tris kintamuosius, labiausiai koreliuojančius su bendra rodiklių visuma, pateikta „Veido“ žurnale. Tai būtų: akademinis personalas (koreliacija 0,952), studijų sąlygos (koreliacija 0,885) ir darbo rinka (koreliacija 0,868). Universitetų išrūšiavimo algoritmas taikomas esant nustatytoms atitinkamų parametrų reikšmėms $\alpha_1 = 0,185$, $\alpha_2 = 0,265$ ir $\alpha_3 = 0,605$. Gauname matricą $K_{0,185;0,265;0,605}$. Tuomet 1 stulpelyje turime universitetų suskirstymą į savo nuožiūra pasirinktas 4 grupes, 2–4 stulpeliuose pagal (2) formulę priskirtas reikšmės, o 5 stulpelyje gauname naują suskirstymą \tilde{k} .

$$K_{0,185;0,265;0,605}^T = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 3 & 3 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Susumavę visuose stulpeliuose 2–5 eilutes gauname naujo suskirstymo matricą:

$$K_{0,185;0,265;0,605}^T = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 3 & 3 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 3 & 3 \end{pmatrix}.$$

Kaip galima pastebėti, neatitikimas yra tik 10 stulpelyje, nesutampa 1 ir 5 eilutės (t. y. LDA – Lietuvos dailės akademija). Todėl šiuo atveju nesuderinamumo įvertis pagal (4) formulę yra 1.

3 Išvados

Parodyta, kaip pritaikyti dichotominio testo konstravimo metodiką Lietuvos universitetų suskirstymui į norimą kiekį grupių.

Gauti 12 Lietuvos universitetų reitingai, kurie pakankamai gerai suderinti su „Veido“ žurnalo reitingu.

Parodyta, kaip sukonstruoti 3 klausimų testą, suskirstantį universitetus į 4 grupes, suderinti su „Veido“ žurnalo reitingu.

Sukurta metodika taikytina įvairių sričių reitingams nustatyti.

Literatūra

- [1] Adresas internete: <http://www.15min.lt/naujiena/aktualu/lietuva/paskelbtas-darvienas-lietuvos-universitetu-2010-m-reitingas-56-100266>.
- [2] Adresas internete: <http://www.delfi.lt/news/ringas/lit/article.php?id=34666605>.
- [3] A. Krylovas ir N. Kosareva. Politominio diagnostinio testo matematinis modelis. *Liet. mat. rink. LMD darbai*, **51**:279–284, 2010.
- [4] A. Krylovas, N. Kosareva ir L. Gudelytė. Socialinių indikatorių konstravimas taikant informacijos matavimo principus. nekilnojamojo turto kainos modeliavimo pavyzdys. *Liet. mat. rink. LMD darbai*, **52**, 2011.
- [5] A. Krylovas and N. Kosareva. Mathematical modelling of forecasting the results of knowledge testing. *Techn. Econ. Devel. Econ.*, **14**(3):388–401, 2008.
- [6] A. Krylovas and N. Kosareva. Mathematical modelling of diagnostic tests, knowledge-based technologies and or methodologies for strategic decisions of sustainable development. In *(KORS-2009): 5th International Conference*, pp. 120–125, 2009.
- [7] A. Krylovas and N. Kosareva. Socialinių indikatorių konstravimas. In *Conference Proceedings. Vilnius, November 25–26*, pp. 48–55, 2010.
- [8] A. Krylovas, N. Kosareva, L. Gudelytė and T. Laukevičius. Nekilnojamojo turto vertės modeliavimas taikant dichotominio testavimo metodiką. In *Social Technologies'11: challenges, opportunities, solutions. Conference Proceedings*. Vilnius, November 16–17, pp. 301–315, ISSN 2029-7564 (online), 2011.
- [9] *Nacionalinis aukštųjų mokyklų reitingas – ginčytinas, bet reikalingas*. 2012-02-09.
- [10] *Veidas*. Nr. 21, 2011 gegužės 23-29 d., 26–32 psl.

SUMMARY

Ranking of universities using dichotomous tests

L. Gudelytė, A. Krylovas, T. Laukevičius

This article presents the application of the generalized dichotomous test methodologies in the rating of Universities. More as compared to previous amount of available statistical information is used in this case. In addition, the authors seek to develop an algorithm which automatically calculates and clusters statistical data. As an example the authors take the Vilnius city neighborhoods. New algorithms will accurately cluster Vilnius neighborhoods by the normalized price.

Keywords: creation of indicators, test, statistical methods.